

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2016

Série STI2D – Toutes spécialités

Série STL – Spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE – CHIMIE

DURÉE : 3 HEURES

COEFFICIENT : 4

CALCULATRICE AUTORISÉE

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.

Ce sujet comporte 22 pages numérotées de la page 1/22 à la page 22/22.

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

Les pages 17/22 à 22/22 où figurent les documents réponses sont à numéroté et à rendre avec la copie même non complétées.

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.



Source de l'image : article du 27/06/2014 sur le Monde.fr

Document 1 :

« Les îles abritent quelque 600 millions de personnes dans le monde. Les doter d'un fonctionnement écologique est donc un enjeu majeur. En outre, elles constituent des systèmes plus fermés que les continents et peuvent servir de laboratoire pour tester diverses initiatives en matière de développement durable. Leur isolement est aussi un inconvénient, notamment parce que leur réseau électrique est parfois impossible à raccorder à celui du continent.

C'est le cas de l'île d'El Hierro, un petit bout de terre aride d'environ 270 kilomètres carrés, [...] dans l'archipel des Canaries¹. »

Pour la science – n°425 – Mars 2013

PARTIE A – S'ADAPTER AUX CONDITIONS GÉOLOGIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES POUR PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ

PARTIE B – REMPLACER LE PARC AUTOMOBILE EXISTANT ET PRODUIRE DES BIOCARBURANTS

PARTIE C – ÉTUDIER DIVERSES SOLUTIONS POUR UNE AUTONOMIE TOTALE

¹ Les îles Canaries sont un archipel espagnol situé dans l'océan Atlantique, au large des côtes de l'Afrique de l'ouest, à 150 km du littoral du Maroc.

PARTIE A – S'ADAPTER AUX CONDITIONS GÉOLOGIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES POUR PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ

A.1 Éviter l'émission de 18 700 tonnes de CO₂ par an.

Document 2 : Les consommations en pétrole pour l'île El Hierro dans les années 2000 à 2011 :

« El Hierro importe déjà chaque année 6 000 tonnes de pétrole pour alimenter sa centrale en fuel. Celle-ci garantit pour le moment, la consommation électrique de ses 11 000 habitants et de ses 60 000 touristes annuels. Mais elle coûte cher et relâche chaque année 18 700 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère. »

D'après **Géo** - Janvier 2013

On se propose dans cette partie de vérifier les données concernant les émissions en CO₂ du **document 2 de la page 3** ci-dessus.

Le pétrole utilisé dans les centrales thermiques est un mélange d'hydrocarbures à chaîne longue comportant un nombre de carbones supérieur à 20. Pour notre étude, on considérera que le pétrole est assimilable à un alcane composé de 25 carbones : C₂₅H₅₂.

A.1.1 Recopier sur la copie et équilibrer l'équation de combustion complète du pétrole C₂₅H₅₂ dans le dioxygène de l'air :



A.1.2 À partir du **document 2** de la **page 3**, préciser la masse de pétrole, **m**_{C₂₅H₅₂}, utilisée chaque année par l'île pour alimenter sa centrale thermique.

A.1.3 En déduire la quantité de matière de pétrole, **n**_{C₂₅H₅₂}, utilisée chaque année.

Données : masses molaires atomiques : **M(C) = 12,0 g.mol⁻¹ ; M(H) = 1,0 g.mol⁻¹ ; M(O) = 16,0 g.mol⁻¹.**

A.1.4 À partir de l'équation de combustion complète et la question précédente, déduire la quantité de matière de dioxyde de carbone **n**_{CO₂} formée.

A.1.5 Calculer la masse de dioxyde de carbone **m**_{CO₂} formée.

A.1.6 L'information du **document 2** de la **page 3** sur la masse de CO₂ émise vous semble-t-elle correcte ?

Document 3 :

« [...] rendre l'île 100 % autonome en électricité et en eau grâce à la force naturelle du vent et de l'eau... Aucune rivière ne coule sur les pentes de ses montagnes de roche noire. Et souvent, malgré les vents forts, un brouillard s'accroche aux sommets, empêchant le soleil d'éclairer les plaines [...].

Près de Valverde, la ville principale, cinq éoliennes déploient leurs pâles dans le ciel [...]. Elles devraient atteindre leur puissance de croisière : 11,5 mégawatts (MW). De quoi couvrir les besoins de l'île et de ses quelque 10 000 habitants : en 2011, on estimait que la demande ne dépassait pas 7,50 MW.

Cette énergie verte alimente les trois usines de désalinisation [...], qui fournissent depuis les années 1960 pour la plus ancienne, de l'eau douce aux habitants. Mais l'originalité de cette ferme éolienne est qu'elle est reliée à une station de transfert d'énergie par pompage-turbinage (Step), formant un dispositif unique au monde [...]. Cette Step s'adapte aux caprices du vent sur El Hierro. Quand l'énergie éolienne excède les besoins, le surplus est utilisé pour pomper l'eau d'un réservoir inférieur et l'acheminer vers un réservoir supérieur aménagé à 700 m d'altitude, dans le cratère d'un volcan éteint [...]. Lorsque les vents ne sont pas suffisants pour fournir la puissance nécessaire à l'alimentation de l'île, l'eau stockée dévale la pente. En contrebas, elle actionne, comme dans un barrage, les turbines d'une centrale hydroélectrique d'une puissance de 11,3 MW. »

Ça m'intéresse - Décembre 2014

L'objectif de cette partie est de calculer pendant combien de temps la centrale hydraulique peut prendre le relais s'il n'y a pas de vent.

- A.2.1** À partir du **document 3** de la **page 4** ou du **document 4** de la **page 5**, donner deux solutions techniques mises en place sur l'île qui permettent de justifier qu'on a bien su tirer profit des conditions géologiques et météorologiques pour produire de l'électricité.
- A.2.2** Compléter le diagramme énergétique du **document réponse** de la **page 17** avec les propositions suivantes (note : les propositions peuvent être employées plusieurs fois ou ne pas l'être) :

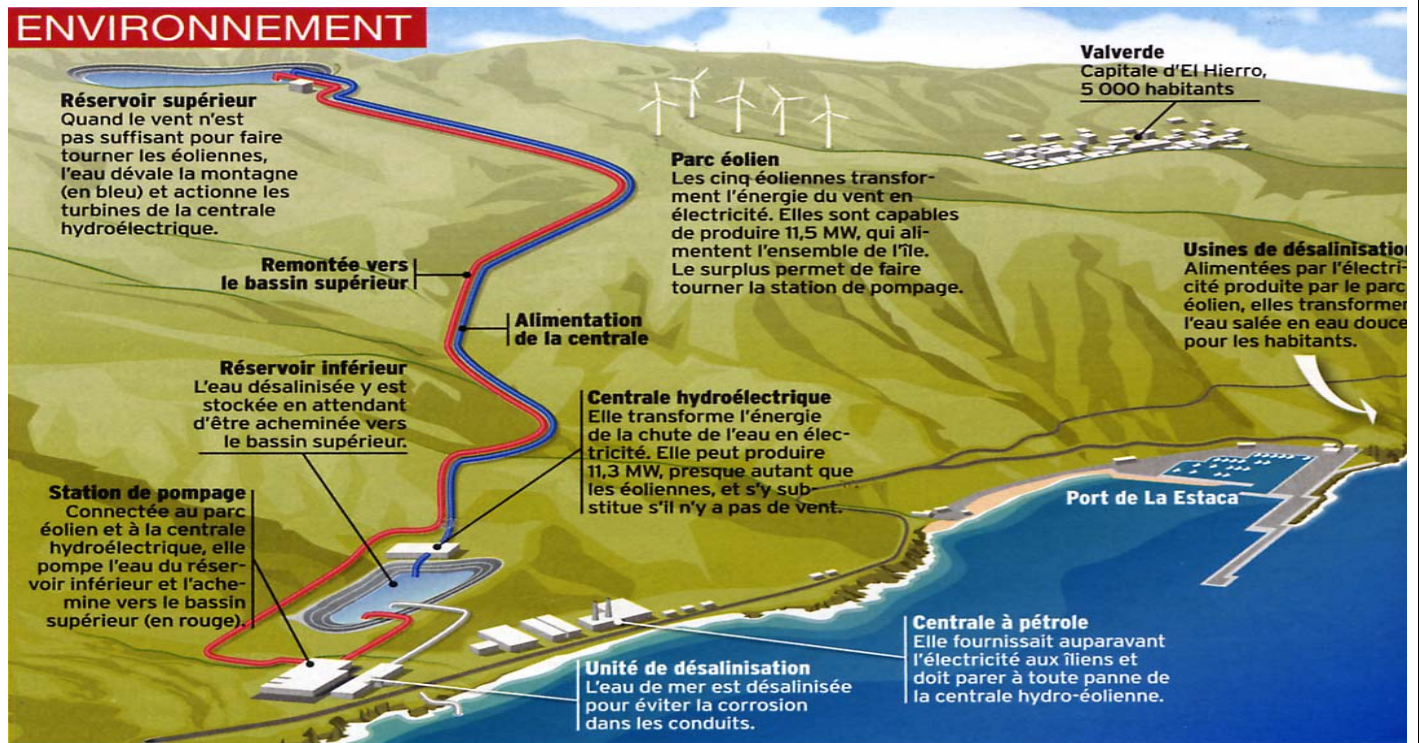
énergie électrique, énergie solaire, énergie nucléaire, énergie potentielle de pesanteur, énergie chimique, vent, énergie mécanique de rotation, énergie cinétique, pertes.

Données :

- Énergie potentielle de pesanteur : $E_{pp} = m \times g \times z$ où **m** correspond à la masse en kg, **g = 9,81 N.kg⁻¹**, **z** correspond à l'altitude, exprimée en mètre.
- Dans une centrale hydraulique, l'énergie potentielle est convertie en énergie cinétique au cours de la chute.

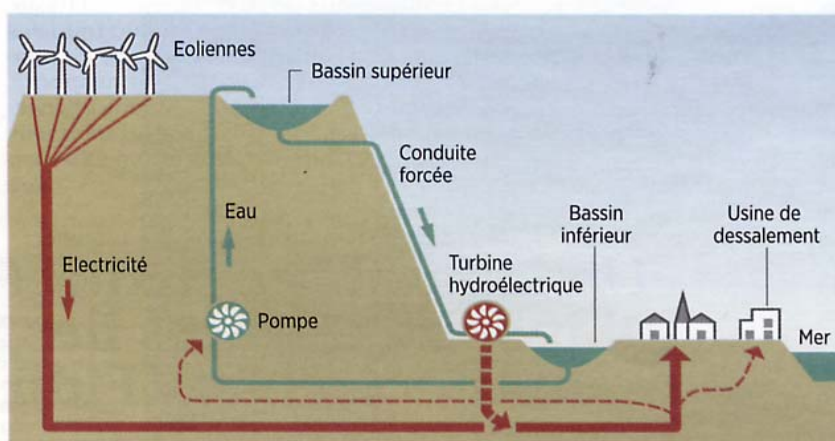
Document 4 :

ENVIRONNEMENT



Ça m'intéresse – Décembre 2014

GORONA DEL VIENTO : DU VENT, DE L'EAU ET UNE TECHNOLOGIE D'AVANT-GARDE



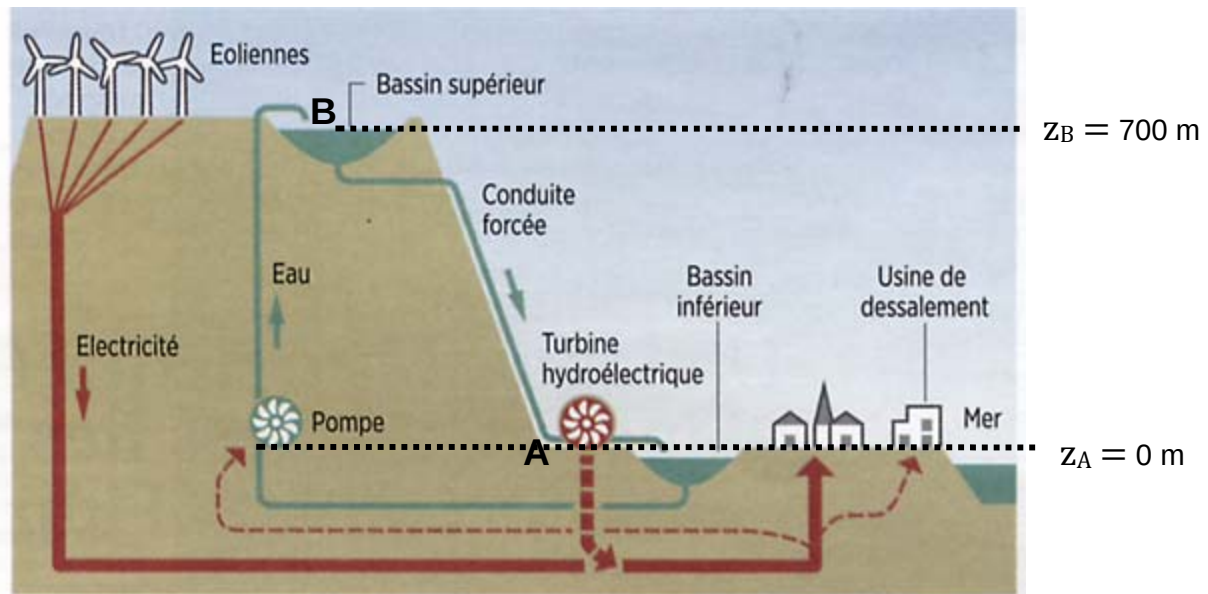
Cinq éoliennes d'une puissance totale de 11,5 mégawatts – 64 m de haut et 35 m d'envergure chacune – doivent répondre aux besoins en électricité des 11 000 habitants de l'île. Leur capacité correspond même au triple des besoins annuels. L'excédent, grâce à un savant système de pompage turbinage, servira à acheminer de l'eau depuis un bassin artificiel de 150 000 m³ creusé près du port de Valverde, jusqu'à un second bassin de 550 000 m³, situé 700 m plus haut, au pied des éoliennes. En cas de panne de vent – ce qui arrive rarement –, un lâcher d'eau du réservoir supérieur permettra d'alimenter six turbines hydrauliques d'une puissance totale de 11,3 mégawatts. Grâce à cette centrale, l'énergie éolienne passera donc, pour la première fois de l'histoire, du statut d'intermittente à celui de permanente. Les responsables du projet comptent aussi sur l'excédent d'électricité pour faire tourner une usine de dessalement d'eau de mer.

Géo – Janvier 2013

A.2.3 Calculer l'énergie potentielle de pesanteur, E_{pp} , de l'eau contenue dans le bassin supérieur lorsqu'il est plein. On considérera la référence d'énergie potentielle de pesanteur nulle en z_A , altitude des turbines.

Données :

- On considérera que toute la réserve d'eau du bassin se situe à une même altitude notée z_B (voir document ci-après).
- Le volume d'eau maximal que peut contenir le bassin supérieur est $V_{\max} = 550\,000\text{ m}^3$.
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000\text{ kg.m}^{-3}$.



A.2.4 Sachant que le rendement d'une centrale hydroélectrique est de 90,0 % et en supposant les pertes de charges nulles, démontrer que l'énergie électrique produite, $E_{\text{élec}}$, lorsque le bassin supérieur se vide entièrement, vaut $3,40 \times 10^{12}\text{ J}$.

A.2.5 À partir du **document 3** de la **page 4** et du **document 4** de la **page 5**, donner la puissance électrique, $P_{\text{élec}}$, que peut fournir la centrale hydroélectrique.

A.2.6 En déduire le temps moyen, t_{moy} , durant lequel pourrait fonctionner la centrale hydroélectrique si on ne rechargeait pas le bassin supérieur en eau. Convertir le résultat en jours.

A.3 Production d'électricité photovoltaïque : en projet sur l'île *El Hierro* !

« Mais il ne pense pas non plus s'arrêter là dans le développement des énergies renouvelables. Le soleil pourrait fournir à l'île d'El Hierro de quoi faire rouler ses voitures. En ce moment, la collectivité installe des panneaux solaires pour recharger des voitures électriques. »

<http://www.franceinfo.fr/vie-quotidienne/environnement/article/el-hierro-une-ile-l-electricite-100-renouvelable-677047> (7 mai 2015)



L'objectif de cette partie est de calculer le nombre de batteries que pourrait recharger une station, constituée de 18 panneaux photovoltaïques, fonctionnant uniquement à l'énergie solaire.

A.3.1 Les caractéristiques d'un panneau étudié sont les suivantes pour un ensoleillement de $1\,000\text{ W.m}^{-2}$ à 25 °C .

Puissance crête	$P_{\text{typ}} = 250\text{ W}$
Tension à la puissance crête	$U_{\text{typ}} = 30\text{ V}$
Tension en circuit ouvert	$U_{\text{co}} = 36\text{ V}$
Intensité de court-circuit	$I_{\text{cc}} = 8,5\text{ A}$
Type de cellules	Polycristallin silicium
Dimension du panneau (mm)	$1\,665 \times 991$
Poids	22 kg
Rendement	Environ 15 %

La tension en circuit ouvert est la tension pour laquelle le panneau ne débite aucun courant.

L'intensité de court-circuit correspond au courant délivré par le panneau si on le court-circuite, c'est-à-dire si la tension à ses bornes est nulle.

Calculer l'intensité, I_{typ} , correspondant à la puissance crête.

A.3.2 Compléter le **document réponse « caractéristique tension – courant du panneau photovoltaïque »** de la **page 18** en y faisant apparaître la tension en circuit ouvert, U_{co} , l'intensité de court-circuit, I_{cc} , la tension, U_{typ} , et l'intensité, I_{typ} , pour un ensoleillement de $1\,000\text{ W.m}^{-2}$.

A.3.3 Calculer le rendement du panneau pour la puissance crête. Comparer avec l'indication du constructeur.

A.3.4 Une station de recharge possède 18 panneaux de ce type. Calculer l'énergie électrique fournie par cette station pour une journée moyenne de 8 heures d'ensoleillement en supposant que les panneaux ont un fonctionnement optimum.

A.3.5 En considérant que le rendement de la station est de 90 %, calculer le nombre de batteries de 10 kW.h que peut recharger cette station.

PARTIE B – REMPLACER LE PARC AUTOMOBILE EXISTANT ET PRODUIRE DES BIOCARBURANTS

B.1 Éviter l'émission de plusieurs milliers de tonnes de CO₂ par an.

El Hierro compte 5 000 véhicules thermiques. On souhaite vérifier l'impact environnemental annuel lié à ces 5 000 véhicules.

B.1.1 Sur l'île, le relief est montagneux. Que peut-on supposer sur la consommation de carburants des habitants de l'île ? Justifier votre réponse.

B.1.2 Un véhicule de l'île produit en moyenne 200 g de CO₂ par kilomètre parcouru. Un véhicule parcourt en moyenne 5 000 km par an. Calculer la masse de CO₂ produite chaque année par l'ensemble des véhicules thermiques de l'île.

B.1.3 Pour résorber ce problème, « *L'île s'est fixé l'objectif de remplacer, à l'horizon 2020, l'ensemble de son parc automobile traditionnel par des véhicules électriques ou utilisant du biodiesel.* » (Natura-sciences.com – 12 février 2015)

Document 5 : les biocarburants : avantages et inconvénients

« Les biocarburants sont destinés à remplacer le pétrole comme principal carburant pour les véhicules.

Leur principal avantage est qu'ils permettent de réduire le coût du carburant. Deuxièmement, ils permettent de réduire les émissions de gaz carbonique dans l'atmosphère ce qui aidera à contrôler l'effet de serre [...].

Les biocarburants sont produits à base de plantes qui doivent être cultivées [comme la betterave à sucre, la canne à sucre, le blé, le soja et le tournesol]. Cela requiert de la terre, alors que les surfaces agricoles sont limitées [...]. On est donc amenés à réduire la production alimentaire pour produire les biocarburants [...]. Les biocarburants de seconde génération peuvent être produits à base de résidus agricoles [comme les feuilles, les tiges, déchets agricoles et forestiers]. Ceux-ci ne réduisent en aucun cas la surface attribuée aux plantes alimentaires et les deux activités deviennent complémentaires.

De nos jours, on peut trouver des biocarburants de troisième génération [...]. La troisième génération de biocarburants est en pleine phase de recherche et de développement. Ces projets consistent à cultiver certaines micro algues qui ont la capacité de produire de l'huile. Pour se développer, ces micro algues ont besoin d'eau, du soleil et surtout de CO₂. Et c'est là un des grands avantages de ces micro algues. Leur production permettra de résorber la quantité de CO₂ présente dans l'air. Un autre avantage majeur est que l'utilisation de ces biocarburants ne produit pas de gaz nocifs pour l'environnement.

Par contre, c'est une production qui revient encore cher et n'est pas économiquement viable à l'heure actuelle.

D'après <http://www.economiesolidaire.com/2010/05/03/biocarburants-avantages-et-inconvenients/>

- 3 mai 2010

B.1.3.a À l'aide du texte ci-dessus et de vos connaissances, justifier en quoi la production de biocarburant sur l'île permettrait de réduire les émissions de CO₂.

B.1.3.b Quelles cultures agricoles permettent la synthèse de biocarburant ? Quel est le principal inconvénient de ces cultures dites de « première génération » ?

- B.1.4** Comparer l'énergie libérée par 50,0 L de biodiesel et 50,0 L de gazole. Le raisonnement sera qualitatif ou quantitatif.

On prendra comme biodiesel l'EMHV (Ester Méthylique d'Huiles Végétales).

Données :

	Gazole	EMHV
Masse Volumique (kg.L^{-1})	0,850	0,880
PCI (MJ.kg^{-1})	42,8	37,7

PCI (pouvoir calorifique inférieur) : énergie fournie lors de la combustion d'1,00 kg de carburant sans compter l'énergie de condensation de l'eau.

B.2 Étude des véhicules électriques.

Un habitant de Valverde (dans la vallée) vient d'acquérir une voiture électrique pour se rendre à son travail situé en montagne, à 40,0 km de son domicile. Il roule à une vitesse moyenne de $35,0 \text{ km.h}^{-1}$. Sa batterie dispose de 22,0 kW.h. La puissance mécanique moyenne utile lors des phases de montée est de 13,0 kW. Le rendement du moteur est de 90 %. La voiture possède un système de recharge de la batterie lors des descentes et des phases de freinage.

- B.2.1** Compléter les diagrammes énergétiques de charge et de décharge de la batterie pour un véhicule électrique sur le **document réponse** de la **page 18** en choisissant parmi les propositions suivantes :

énergie électrique, énergie solaire, énergie nucléaire, énergie potentielle, énergie chimique, énergie mécanique.

Compléter également les deux titres des diagrammes énergétiques en entourant la (ou les) bonnes réponses parmi les propositions en **gras**.

- B.2.2** Calculer le temps moyen que met cet habitant pour se rendre à son travail.
- B.2.3** Si on ne considère que des phases de montée sur son trajet aller, calculer la puissance électrique demandée par le moteur électrique à la batterie.
- B.2.4** Montrer que l'énergie électrique utilisée par le moteur pour le trajet aller vaut environ 16,5 kW.h.
- B.2.5** En déduire l'énergie restant dans la batterie.
- B.2.6** En supposant que le trajet retour ne soit fait que de phases de descente et de freinage, l'énergie restant dans la batterie est suffisante pour redescendre à Valverde. Expliquer.

Pour les questions **B.2.7** à **B.2.11**, le véhicule électrique est à nouveau en phase de montée. Sa vitesse moyenne vaut $v = 35,0 \text{ km.h}^{-1}$, la puissance mécanique moyenne vaut 13,0 kW et dans ces conditions la force motrice moyenne, F_{mot} , vaut 1 340 N.

- B.2.7** Représenter cette force sur le **schéma** de la **page 19** en utilisant l'échelle suivante : 1 cm représentant 1 000 N.
- B.2.8** La masse du véhicule est de 1 300 kg. Calculer le poids du véhicule et représenter le poids $\vec{P}$ sur le **schéma** du **document réponse** de la **page 19** avec la même échelle que précédemment. On prendra $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$.

On a également représenté $\vec{P}_x$ la projection de $\vec{P}$ sur l'axe (Ox) et la projection $\vec{P}_y$ de $\vec{P}$ sur l'axe (Oy).

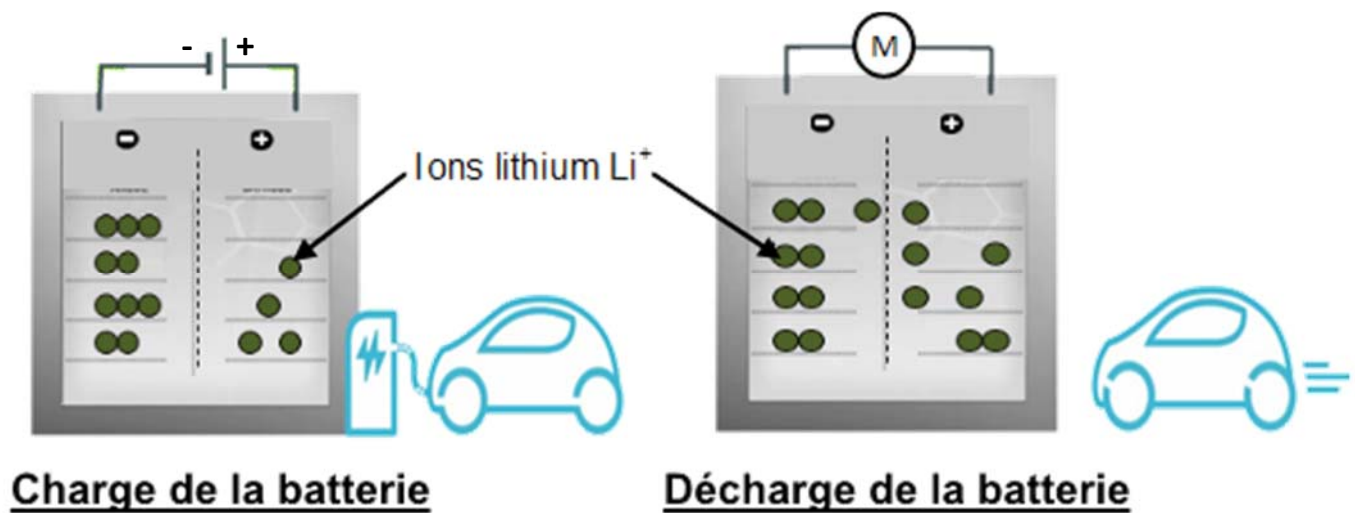
- B.2.9** On appelle $\vec{R}_N$ la réaction normale de la route sur la voiture. Donner, en justifiant, la relation entre $\vec{R}_N$ et $\vec{P}_y$. Représenter $\vec{R}_N$ sur le **schéma du document réponse** de la **page 19**.
- B.2.10** On néglige tous les frottements avec l'air. En observant le schéma des forces du **document réponse** de la **page 19**, comparer la force motrice avec la composante $\vec{P}_x$. En déduire si le mouvement de la voiture pendant cette phase est un mouvement uniforme, un mouvement accéléré ou un mouvement décéléré.
- B.2.11** Quel conseil donner à cet habitant, sur sa conduite automobile durant les phases de montée, pour économiser l'énergie de sa batterie ?

B.3 Études des batteries.

Au cours des questions suivantes, on étudiera le principe de fonctionnement des batteries ainsi que leurs capacités.

La batterie équipant le véhicule électrique est une batterie Lithium – Ion dont les caractéristiques et le principe de fonctionnement sont décrits dans le **document 6** de la **page 10** et les **documents 7 et 8** de la **page 11**.

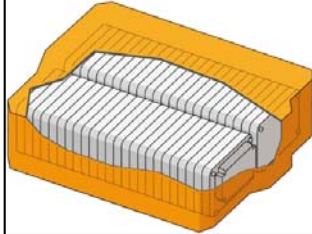
Document 6 : Charge et décharge de l'accumulateur Lithium – Ion



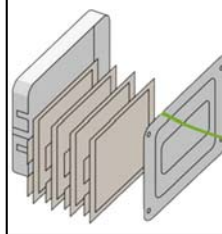
<http://www.renault.fr/decouvrez-renault/vehicules-electriques/fonctionnement/batterie/>

Document 7 : Composition de la batterie Lithium – Ion

Dans une voiture électrique, la **batterie** est composée de **modules**, eux-mêmes composés de **cellules**. Chaque **cellule** a une tension de **3,70 V**. Les schémas ci-dessous montrent bien l'organisation de la batterie d'un véhicule électrique.



**Batterie complète
de 48 modules**



**Composition d'un module
(4 cellules en série)**

Document 8 : Caractéristiques de la batterie étudiée :

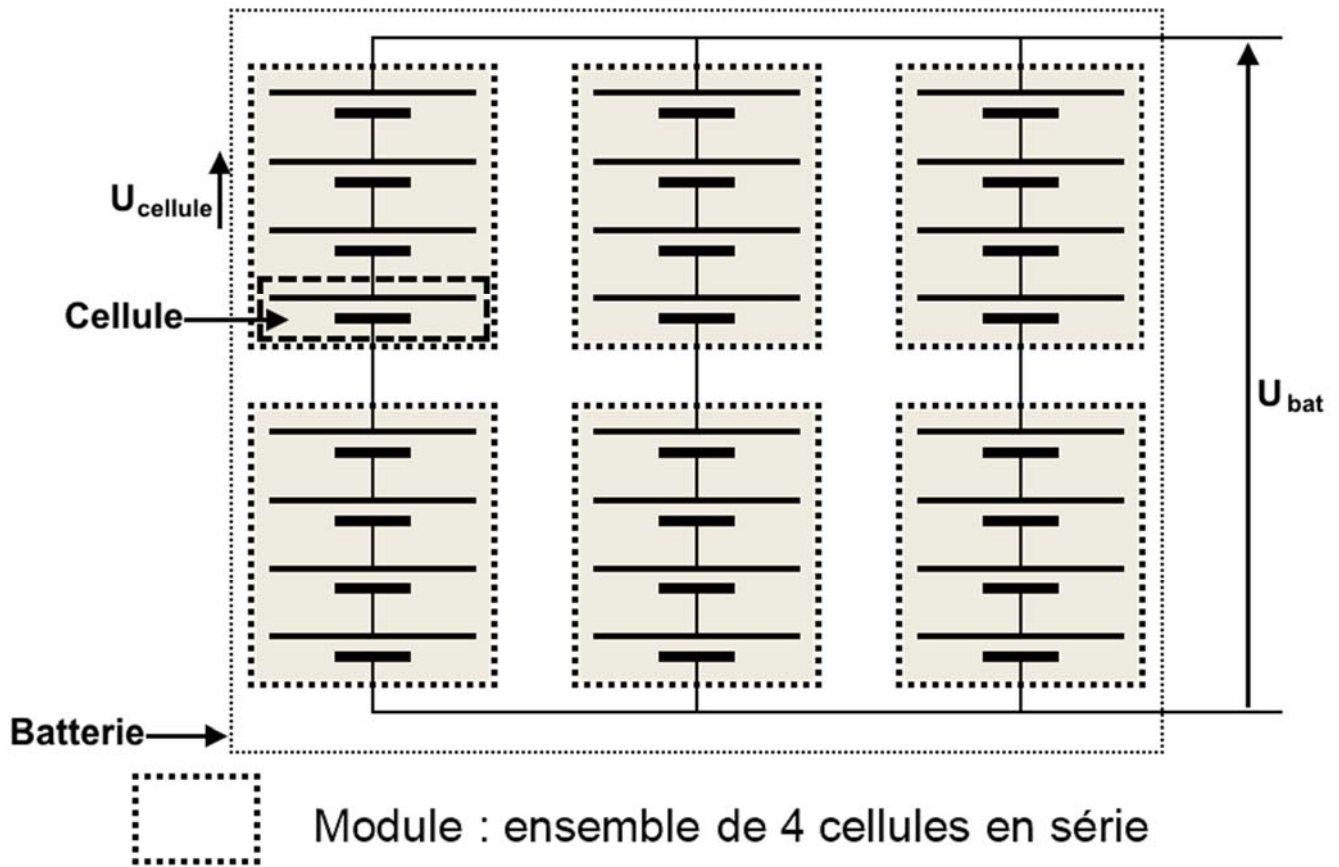
Type de batterie	Lithium - Ion
Tension de batterie	355 V
Énergie totale	22,0 kW.h

<http://sdis69.univ-lyon1.fr/spiral-files/download?mode=inline&data=8172>

- B.3.1** Quels sont les porteurs de charge (ions ou électrons) dans l'électrolyte ? Quels sont les porteurs de charge (ions ou électrons) dans les fils du circuit électrique ?
- B.3.2** Représenter le sens de ces porteurs de charge lors de la charge et de la décharge de la batterie sur le **document réponse** de la **page 20**.
- B.3.3** On donne le couple oxydant réducteur Li^+ / Li . Sur le **document réponse** de la **page 20**, lors de la charge, recopier et compléter l'équation de réduction correspondant à ce couple ($\text{Li}^+ + \dots \rightarrow \dots$) et indiquer, sur ce document réponse, si cette réaction a lieu à la borne négative ou positive.
- B.3.4** Une batterie est un ensemble de cellules mises en série dans des branches, puis les branches, contenant le même nombre de cellules, sont mises en parallèle selon le schéma page suivante :

Exemple d'une batterie comportant 3 branches en dérivation, chacune d'elles contenant 2 modules en série :

Remarque : cet exemple n'est pas celui correspondant à la batterie de la voiture étudiée.



La tension aux bornes de la batterie, U_{bat} , vaut 355 V.

En vous aidant des données du **document 7** de la **page 11**, montrer que le nombre de modules mis en série dans une même branche est de 24.

Sachant qu'une batterie complète comporte 48 modules, calculer le nombre de branches en dérivation.

B.3.5 En analysant les unités, donner la relation entre l'énergie, E_{bat} (W.h), contenue dans une batterie, la charge, Q_{bat} (A.h), de cette batterie et sa tension, U_{bat} ?

B.3.6 En déduire la charge globale, Q_{bat} , de la batterie.

B.3.7 Lors d'un fonctionnement uniforme en phase de montée (sans recharge de batterie), le courant demandé par le moteur à la batterie vaut 40 A. Calculer, dans ces conditions, le temps que mettrait la batterie pour se décharger entièrement.

PARTIE C – ÉTUDIER DIVERSES SOLUTIONS POUR UNE AUTONOMIE TOTALE

C.1 Autonomie en eau douce par désalinisation puis traitement de l'eau de mer.

La centrale hydroélectrique de Valverde alimente en électricité trois usines, très énergivores, de désalinisation de l'eau de mer qui fournissent de l'eau douce aux habitants de l'île. Cette eau douce doit ensuite subir des tests pour vérifier qu'elle est bien potable. L'un des tests qui doit être effectué est la mesure de son pH.

C.1.1 L'eau douce obtenue à 25 °C a un pH de 8,6. L'eau douce présente-t-elle un caractère acide ou un caractère basique ? Justifier.

C.1.2 Pour traiter cette eau contre les virus et bactéries, on utilise souvent du chlore sous la forme d'acide hypochloreux HClO . L'acide hypochloreux fait partie du couple **acide hypochloreux / ion hypochlorite** : $\text{HClO} / \text{ClO}^-$.

Écrire la demi-équation acido-basique correspondant à la transformation de l'acide hypochloreux en ions hypochlorite.

C.1.3 D'après cette équation, comment a évolué le pH de l'eau après le traitement au chlore ? Justifier.

C.1.4 Si le pH de l'eau devenait trop acide, conseilleriez-vous d'ajouter de l'ammoniaque ($\text{NH}_3(\text{aq})$) ou de l'acide hypochloreux ? Justifier.

Donnée : l'ammoniaque fait partie du couple $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$.

C.2 Autonomie en eau douce par la mise en place « d'attrape-brouillards ».

Document 8 : l'étude des attrape-brouillards

« Dans les années 2000, des dispositifs nommés attrape-brouillards, constitués de filets tendus sur des structures arborescentes en acier inoxydable, ont été installées : ils visent à recueillir l'eau du brouillard.

Au total, ces installations ne collectent que quelques mètres cubes d'eau par jour. L'impact est donc pour l'instant symbolique mais il pourrait augmenter.

De 2006 à 2008, un financement européen a permis d'évaluer le potentiel en eau du brouillard. L'étude utilisait un réseau de stations météorologiques, dont les données étaient transmises par radio, pour extrapoler les quantités recueillies par un attrape-brouillard à l'échelle de l'île. On estime que si toutes les zones brumeuses de l'île (représentant environ 10 % de sa surface, soit 2 450 hectares) étaient couvertes d'attrape-brouillard, le volume d'eau recueilli serait de 34,3 à 49,0 millions de mètres cubes par an. »

Pour la science – Mars 2013

Sur l'île d'El Hierro, « l'hygrométrie relativement importante (60 % à 76 % en moyenne annuelle) est à l'origine de rosées fréquentes, vitales pour la végétation ».

D'après « Étude bioclimatique des Canaries » de J.J. GRANVILLE

C.2.1 Justifier l'intérêt, d'un point de vue énergétique, d'utiliser un système « attrape-brouillards », par rapport à un système de désalinisation.

Dans les questions qui suivent, on va expliquer pourquoi le taux d'humidité relative est à l'origine du brouillard et donc de la mise en place d'attrape-brouillards.

Dans cette partie, on appellera « condensation » le passage au point de rosée de l'état gazeux à l'état liquide.

C.2.2 Rigoureusement, la condensation est le passage de l'état gazeux à l'état solide. Quel est le terme scientifique correspondant au passage de l'état gazeux à l'état liquide ?

L'air humide est un mélange d'air sec et d'eau sous forme de vapeur.

La quantité de vapeur d'eau présente dans l'air est variable mais a une limite supérieure, Q_m , dépendant de la température, pour laquelle l'air est dit saturé. En deçà de cette température de saturation, il y a « condensation ».

L'humidité relative **HR**, exprimée en pourcentage, est donnée par le rapport :

$$HR = \frac{Q}{Q_m} \times 100$$

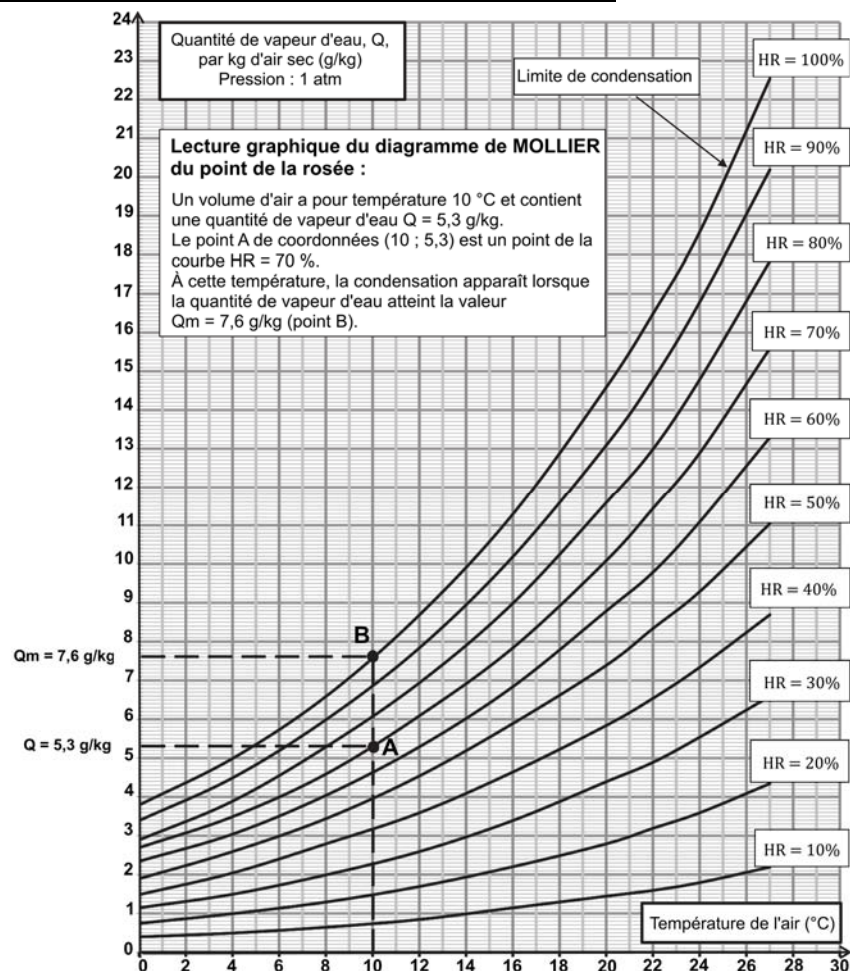
Q : quantité de vapeur d'eau (en grammes) que contient 1 kg d'air sec.

Q_m : quantité de vapeur d'eau maximale (en grammes) que peut contenir 1 kg d'air sec.

HR = 100 % correspond à l'apparition de la condensation.

Le diagramme de MOLLIER du point de rosée du **document 9** de la **page 14**, représente la quantité de vapeur d'eau, Q , en fonction de la température pour différentes valeurs de l'humidité relative **HR**.

Document 9 : diagramme de Mollier du point de rosée



- C.2.3** Compléter le **diagramme de MOLLIER du point de rosée** du **document réponse** de la **page 21** en y précisant les positions respectives de l'**état liquide** et de l'**état gazeux**.
- C.2.4** Par lecture graphique du **document 9** de la **page 14**, déterminer la quantité de vapeur d'eau, Q (g.kg⁻¹), par kg d'air sec pour une humidité relative de 70 % et une température de 20 °C.
- C.2.5** Pour une valeur $Q = 10 \text{ g.kg}^{-1}$ constante, comment évolue l'humidité relative **HR** lorsque la température diminue jusqu'à 15 °C?
- C.2.6** Pour une valeur $Q = 10 \text{ g.kg}^{-1}$ constante et une humidité relative **HR = 100 %**, à quelle température a lieu le changement d'état gaz – liquide ?
- C.2.7** Pour une valeur $Q = 10 \text{ g.kg}^{-1}$ constante, pour des températures inférieures à celle du changement d'état, dans quel état se trouve l'eau ?
- C.2.8** Justifier alors la raison de l'implantation des attrape-brouillards en montagne.

C.3 Étude des capteurs des stations météorologiques.

Dans les questions qui suivent, on va étudier une partie des stations météorologiques et la transmission des données des sondes au centre d'étude.

Les informations recueillies par ces stations météorologiques sont principalement :

- la température de l'air,
- le taux d'humidité relative de l'air,
- la vitesse et la direction du vent.

Des extraits de la documentation de la sonde HMP45A étudiée sont donnés dans le **document 10** de la **page 15** :

Document 10: extrait de la documentation technique de la sonde HMP45A

HMP45A & HMP45D Relative Humidity and Temperature Probes (On considérera que les deux capteurs ont des caractéristiques linéaires)

Relative Humidity : RH

HMP45A et HMP45D

Humidity Sensor	HUMICAP 180
Measuring range	0,8 to 100 % RH
Output Scale	RH = 0...100 % equals 0...1 V
Accuracy at +20 °C (incl nonlinearity and hysteresis)	$\pm 2 \% \times \text{RH}$ ($0 \leq \text{RH} < 90 \%$) $\pm 3 \% \times \text{RH}$ ($90 \% \leq \text{RH} \leq 100 \%$)

Temperature

HMP45A

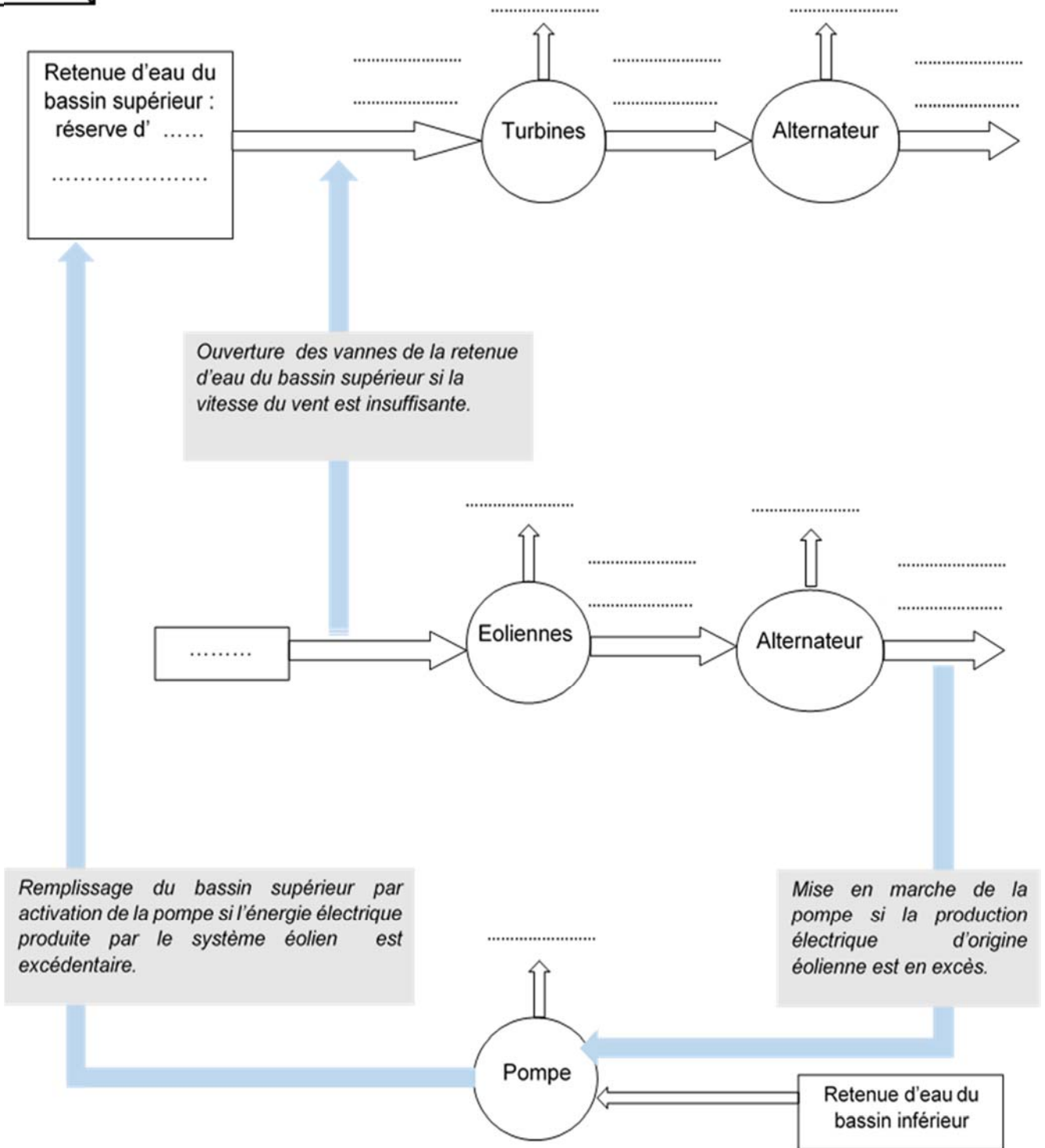
Temperature sensor	Pt 1 000 IEC41
Measurement range	- 39,2 °C to 60 °C
Output Scale	- 40 °C...60 °C equals 0...1 V
Accuracy at +20 °C	$\pm 2 \text{ °C}$

- C.3.1** Compléter le **document réponse** de la **page 22** en y indiquant :
- la grandeur physique mesurée pour chaque capteur,
 - la plage de variation de la grandeur physique mesurée (préciser l'unité),
 - la nature de la grandeur de sortie,
 - la plage de variation de la grandeur de sortie (préciser l'unité).
- C.3.2** Dans le tableau du **document réponse** de la **page 22**, on donne les unités de la sensibilité, **s**, de chaque capteur. À partir de ces unités, retrouver l'expression de la sensibilité, **s**, d'un capteur en fonction de la variation de la grandeur de sortie, ΔS , et en fonction de la variation de la grandeur d'entrée, ΔE . Calculer la sensibilité pour chacun des capteurs étudiés et reporter ces valeurs dans le tableau du **document réponse** de la **page 22**.
- C.3.3** On mesure 0,95 V à la sortie du capteur d'humidité relative. En utilisant uniquement la **documentation technique** du **document 10** de la **page 15**, calculer l'humidité **HR** associée puis donner un encadrement de la mesure de l'humidité.
- C.3.4** Les informations issues des différents capteurs des sondes météorologiques sont transmises par une onde électromagnétique de fréquence 450 MHz jusqu'au centre de pilotage situé à Valverde.
- Calculer la longueur d'onde associée.
- Donnée : $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
- C.3.5** Compléter le **document réponse** de la **page 22** avec les propositions suivantes : **UV** (pour Ultraviolet), **IR** (pour Infrarouges), **ondes hertziennes** et **rayonnement gamma**.
- C.3.6** Indiquer à quel domaine spectral appartient l'onde utilisée.

Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

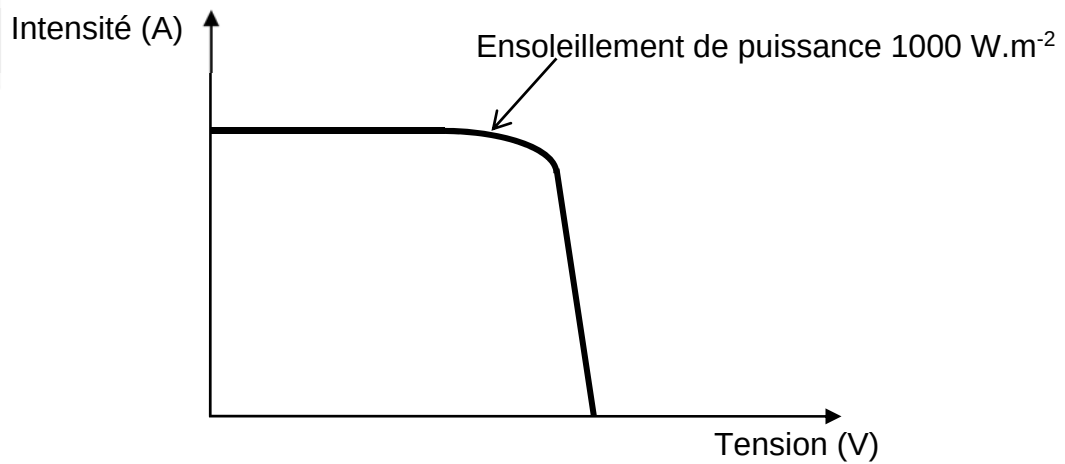
Question A.2.2 : Diagramme énergétique correspondant à la production d'énergie sur l'île d'El Hierro



Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

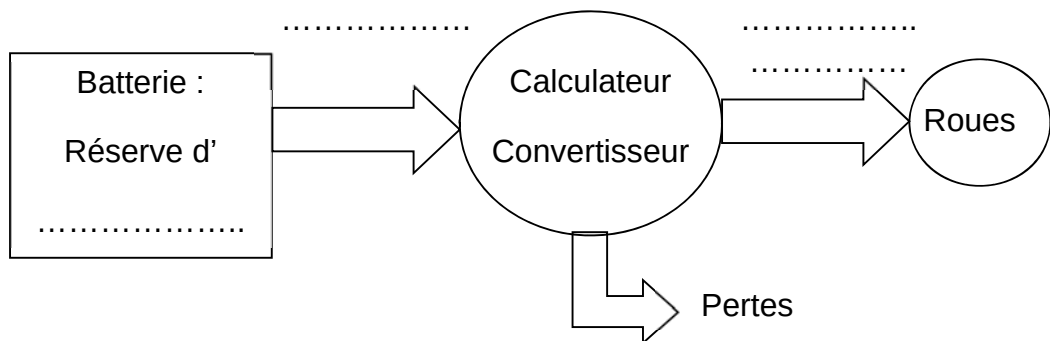
(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Question A.3.2 : Caractéristique intensité - tension du panneau photovoltaïque étudié

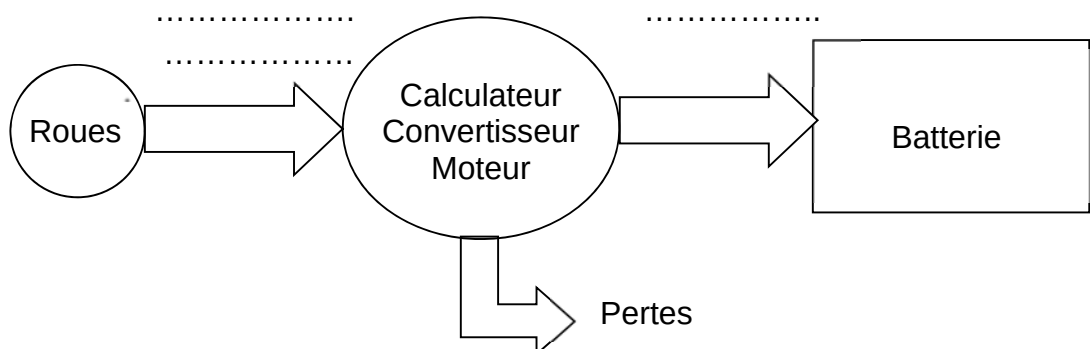


Question B.2.1 Diagrammes énergétiques de charge et décharge de la batterie pour une voiture électrique

Titre : Décharge de la batterie lors des phases de **montée / descente / freinage**.



Titre : Charge de la batterie lors des phases de **montée / descente / freinage**.



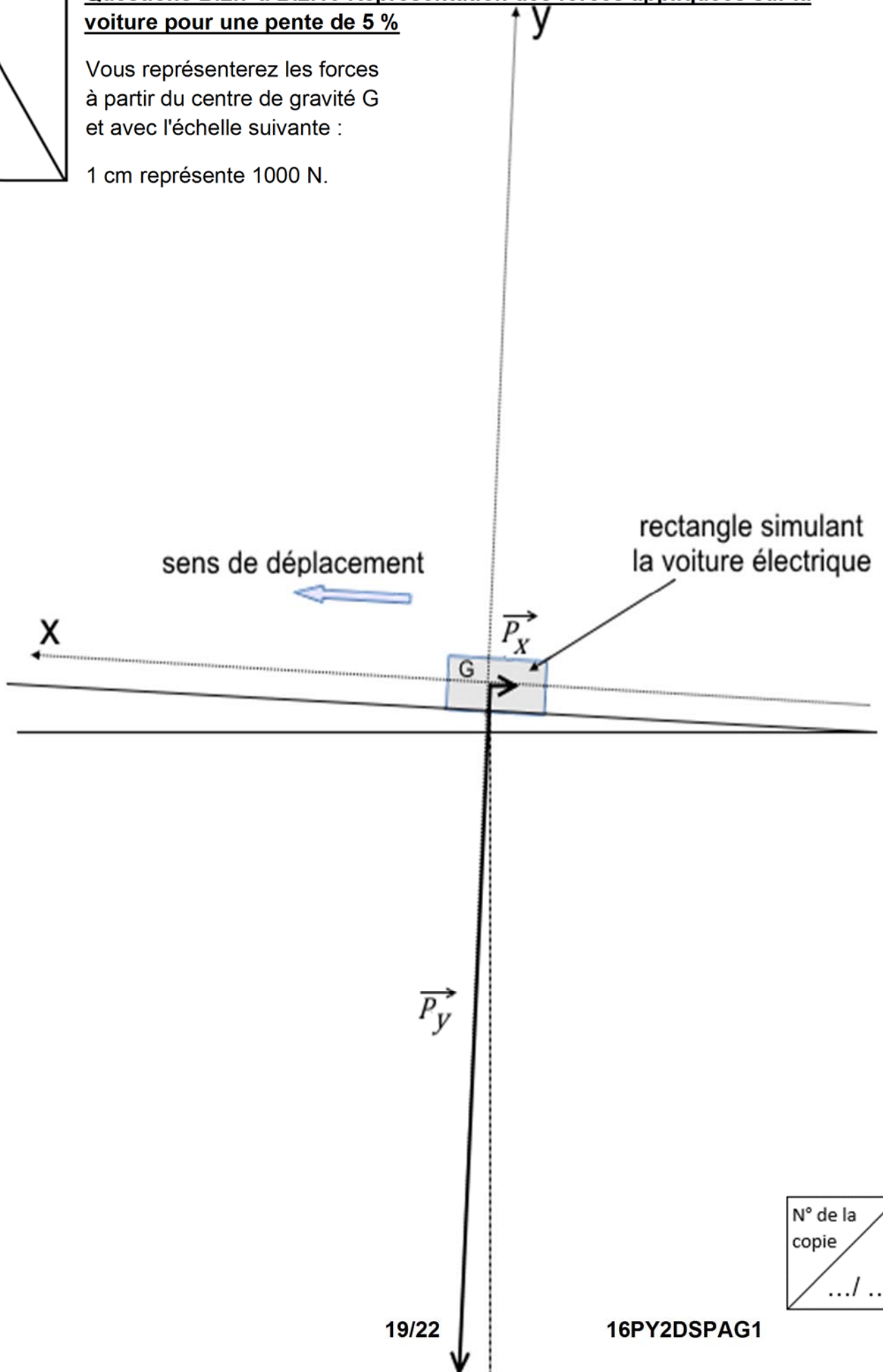
Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve
même non complétée

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Questions B.2.7 à B.2.10 Représentation des forces appliquées sur la
voiture pour une pente de 5 %

Vous représenterez les forces
à partir du centre de gravité G
et avec l'échelle suivante :

1 cm représente 1000 N.



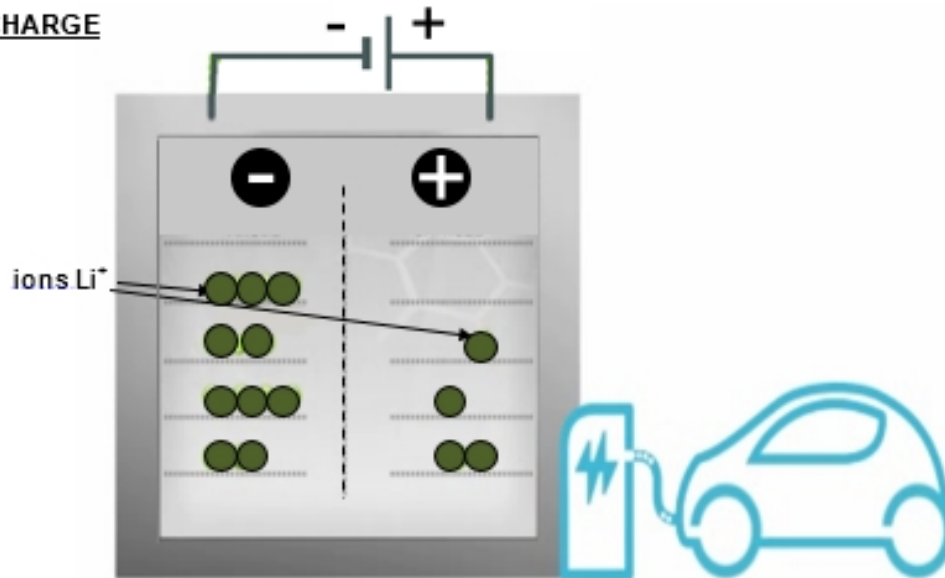
N° de la
copie
... / ...

Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de
l'épreuve même non complétée

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Questions B.3.2 et B.3.3 : charge et décharge de l'accumulateur Lithium-ion

CHARGE

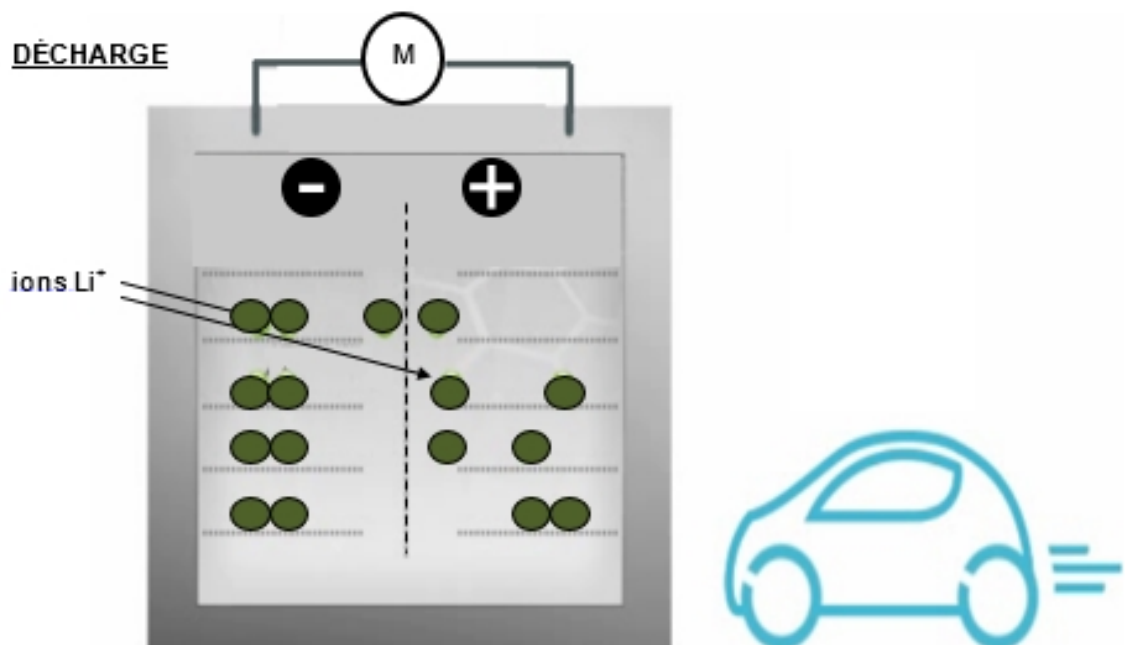


Compléter la demi-équation de réduction correspondant au couple Li^+ / Li :

.....

Réaction ayant lieu sur la borne :

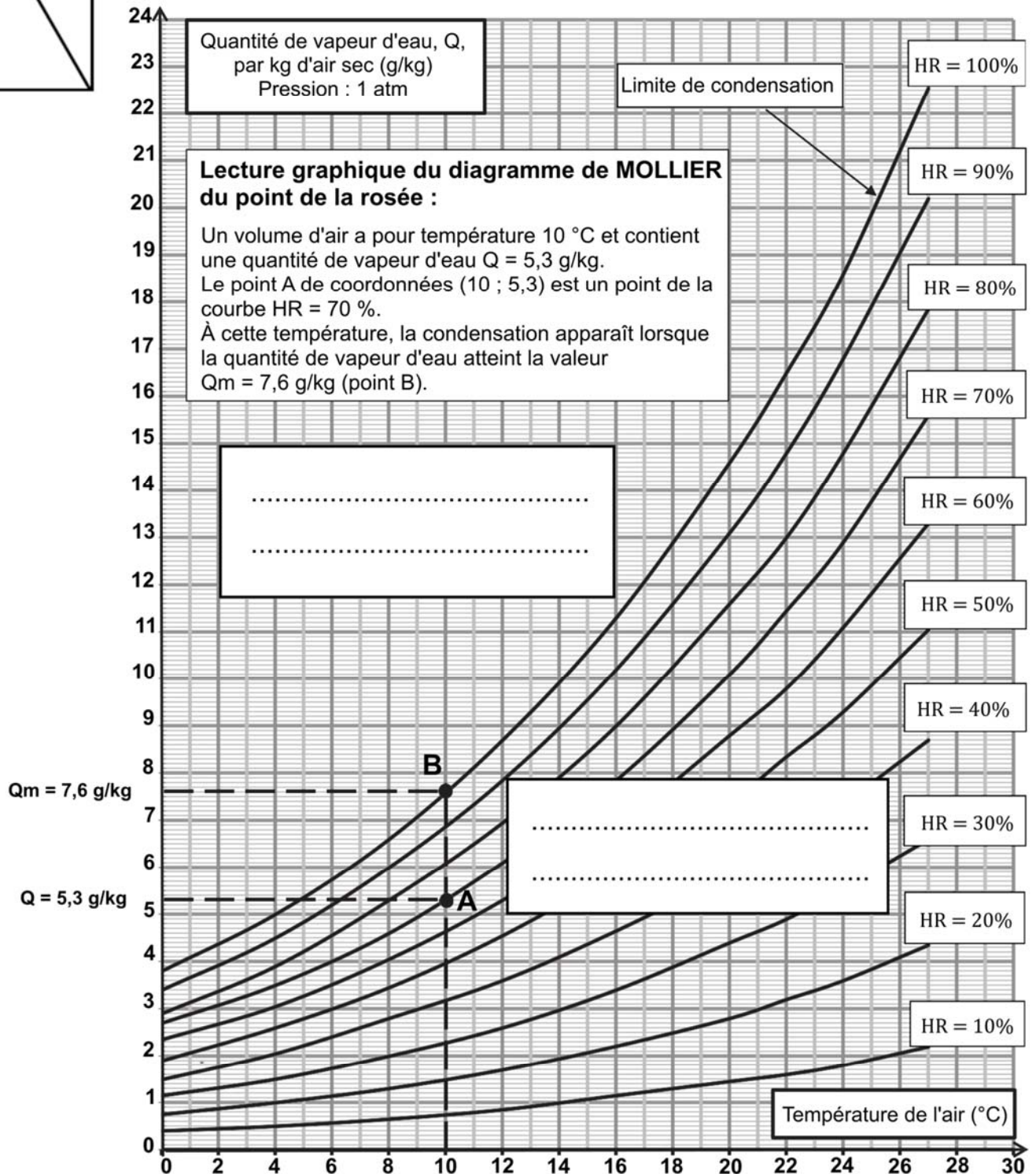
DÉCHARGE



**Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de
l'épreuve même non complétée**

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Question C.2.3



**Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de
l'épreuve même non complétée**

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Questions C.3.1. et C.3.2. – Étude des capteurs de la sonde HMP45A

	Capteur 1 : HUMICAP 180	Capteur 2 : Pt 1000
Grandeur physique mesurée en entrée : E		
Plage de variation de la grandeur physique en entrée		
Grandeur de sortie : S		
Plage de variation de la grandeur de sortie		
Sensibilité s	V.% ⁻¹	V.°C ⁻¹

Question C.3.5

fréquence ν (Hz)

$3,0 \times 10^{19}$ $3,0 \times 10^{16}$ $7,5 \times 10^{14}$ $3,7 \times 10^{14}$ $3,0 \times 10^{11}$ $3,0 \times 10^8$

